

# DIAGNOSI ENERGETICA



## Liceo Artistico Felice Casorati Sede distaccata Collegio Curioni

Piazza XVI marzo, 1 - Romagnano Sesia (NO)

<b>Committente</b>	Provincia di Novara	<b>Edificio</b>	Complesso Scolastico Casorati
<b>Indirizzo</b>	Piazza XVI marzo, 1	<b>Comune</b>	Novara
<b>Data commessa</b>	23-04-10	<b>Data consegna relazione</b>	17-05-10
<b>Codice progetto</b>	0028/2010	<b>Persona referente documento</b>	Ing. Gianluigi Redaelli
<b>Versione relazione</b>	Ver. 1.0	<b>Editor documento</b>	Arch. Alessandra Galbiati Arch. Gianbattista Pomatto Ing. Federico Mattioli Arch. Christian Negro Frer
<b>Nome File</b>	10-05-17 Diagnosi Casorati.doc		

# Sommario

Introduzione .....	1
1. Descrizione edificio.....	2
1.1 Dati edificio.....	2
1.2 Planimetrie.....	4
1.2.1 Planimetria Piano Terra.....	4
1.2.2 Pianta Piano Primo.....	5
1.2.3 Pianta Piano secondo .....	6
1.3 Analisi del sistema edificio - impianti.....	6
1.3.1 Stratigrafie esistenti.....	6
1.4 Serramenti .....	8
1.5 Impianto di climatizzazione.....	9
1.5.1 Impianto termico.....	9
1.6 Sistema di building automation .....	10
1.7 Impianto elettrico .....	10
1.8 Impianto di illuminazione .....	11
2. Analisi del contesto.....	12
2.1 Studio delle condizioni climatiche di Romagnano Sesia .....	12
2.1.1 Andamento gradi giorno.....	12
3. Identificazione delle criticità .....	14
4. Analisi energetica dell'edificio .....	17
4.1 Valutazione delle prestazioni termiche dell'edificio.....	18
4.1.1 Analisi dei consumi .....	18
4.2 Audit elettrico.....	19
4.2.1 Valutazione dell'impianto di illuminazione .....	19
5. Proposta di interventi migliorativi .....	20
5.1 Intervento 1 - Sostituzione dei serramenti ( $U=2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) .....	21
5.2 Intervento 2 - Sostituzione dei serramenti ( $U=1.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) .....	21
5.3 Intervento 3 - Sistemazione impianto di regolazione (cronotermostati).....	22
5.4 Intervento 4 - Building automation .....	22
5.4.1 Gestione e controllo clima, riscaldamento e raffrescamento.....	23
5.4.2 Gestione dell'illuminazione artificiale .....	23
5.5 Intervento 5 - Illuminazione .....	25
6. Conclusioni.....	26
6.1 Analisi costi/benefici degli interventi proposti.....	29
6.1.1 Intervento sistema Edificio - Impianti .....	29

## Introduzione

Il presente documento riporta i risultati dell'analisi energetica effettuata sull'edificio scolastico del liceo artistico Casorati.

Questa analisi è parte di un progetto della Provincia di Novara che comprende l'analisi di 3 complessi scolastici di proprietà della provincia stessa, l'istituto Nervi, il Liceo Casorati e l'istituto Mossotti e Bermani.

Per poter effettuare i più opportuni interventi migliorativi di riqualificazione energetica nelle 3 strutture scolastiche, la Provincia di Novara ha messo a disposizione un budget di € 150.000, comprensivo dei costi progettuali e dei costi di intervento.

L'analisi condotta si è fortemente adattata alle esigenze e alle specifiche economiche espresse dalla Provincia di Novara con l'obiettivo di portare a identificare interventi effettivamente realizzabili dall'Ente. Pertanto sono stati considerati interventi di varia importanza economica, valutando se, effettivamente ad un onere economico elevato corrisponde un effettivo guadagno in termini di risparmio energetico.

Di seguito sono riportati i possibili interventi sul sistema Edificio - Impianti, stimando il potenziale risparmio ottenibile attraverso l'attuazione di questi interventi di riqualificazione energetica e i relativi tempi di rientro.

Le attività sono state condotte seguendo la procedura prevista dalla legge regionale 28 maggio 2007 n. 13/2007, recante disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia e successive modifiche ed integrazioni.

La certificazione energetica e i relativi risultati sono stati ottenuti utilizzando il tool SW EDILCLIMA (Versione 7.1.4).

L'analisi è stata realizzata seguendo il seguente schema:

1. Sopralluogo preliminare
2. Acquisizione dei dati utili alla Diagnosi Energetica
3. Compilazione del tool EDILCLIMA
4. Valutazione dei risultati ottenuti
5. Identificazione delle criticità energetiche relative al sistema edificio - impianto
6. Identificazione degli interventi migliorativi
7. Valutazioni economiche

## 1. Descrizione edificio



*Figura 1- Vista esterna Liceo Casorati*

L'edificio oggetto dell'analisi ospita la sede distaccata del liceo artistico Felice Casorati in Romagnano Sesia (NO). La costruzione dell'edificio risale al 1865, si sviluppa planimetricamente su una superficie di 880 m<sup>2</sup> ed in elevazione per circa 15 m dal livello stradale per un totale di 3 piani fuori terra. La struttura ha una pianta a U e presenta 18 aule e una serie di locali accessori come sala professori, segreteria, locali per il personale non docente, depositi e servizi igienici su ogni piano. Dalla presente diagnosi energetica sono esclusi i locali adibiti a biblioteca sita al secondo piano.

### 1.1 Dati edificio

I dati relativi alla geometria dell'edificio derivano dall'osservazione diretta nel corso dei sopralluoghi e da dettagli forniti dall'ufficio edilizia della Provincia di Novara. Il calcolo delle superfici è stato effettuato a partire dalle planimetrie in formato .dwg fornite dagli uffici tecnici della Provincia.

Dati Geometrici		Descrizione
Numero dei piani climatizzati	3	Piano Terra Piano Primo Piano Secondo
Altezza netta dei locali [m]	4	Altezza media calcolata al netto dello spessore delle volte
Superficie netta riscaldata [m <sup>2</sup> ]	757,2	L'edificio è interamente riscaldato. Sono stati inclusi i locali dedicati alla biblioteca poiché serviti dalla stessa centrale termica
Superficie lorda riscaldata [m <sup>2</sup> ]	876,49	
Superficie opaca disperdente [m <sup>2</sup> ]	3.9041,31	Le superfici disperdenti indicano i punti di criticità termica dell'involucro edilizio
Superficie trasparente disperdente [m <sup>2</sup> ]	454,53	
Superficie totale disperdente [m <sup>2</sup> ]	4.873,45	
Volume netto riscaldato [m <sup>3</sup> ]	9.465,6	Volume calcolato in modo forfettario sottraendo il 20% del volume lordo riscaldato
Volume lordo riscaldato [m <sup>3</sup> ]	11.832,56	È il rapporto tra la superficie lorda riscaldata e l'altezza lorda dell'edificio.
Rapporto S/V	0,41	Il fattore di forma della scuola, ovvero il rapporto fra la superficie riscaldata e il volume
Numero servizi	6	Blocchi servizi

Tabella 1 - Dati riassuntivi Liceo Casorati

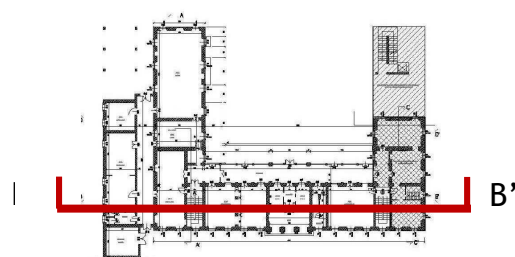
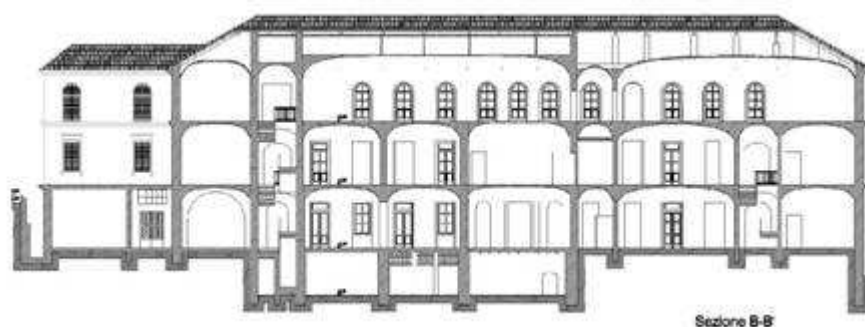
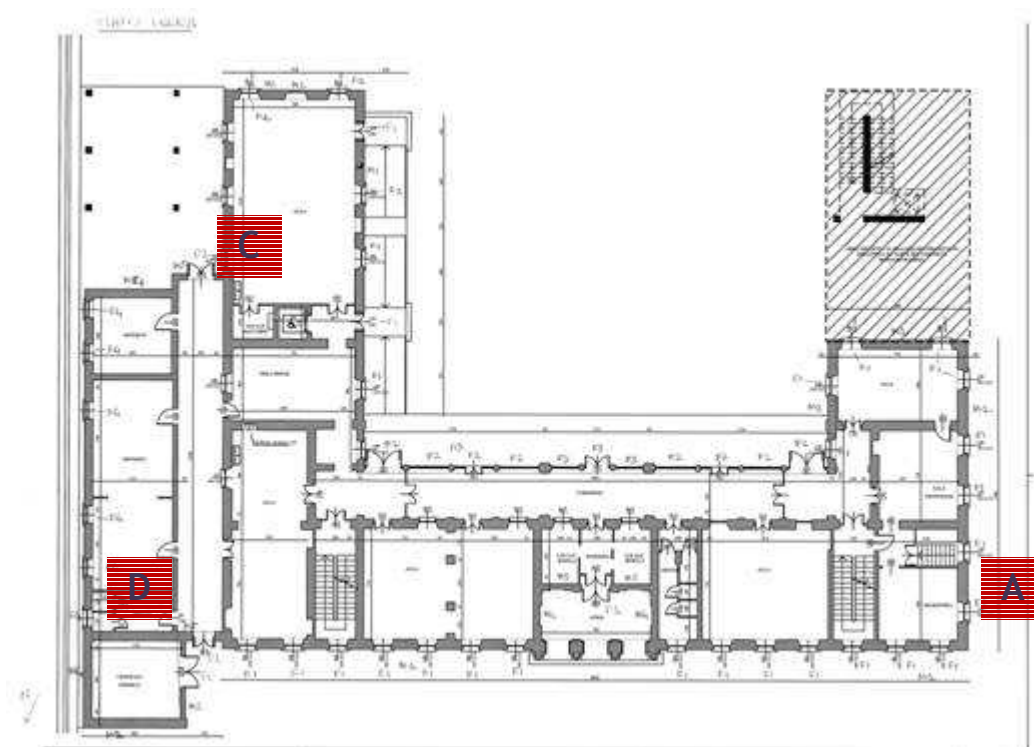


Figura 2 - Sezione B-B'

## 1.2 Planimetrie

### 1.2.1 Planimetria Piano Terra



*Figura 3 - Pianta Piano Primo*

Al piano terra sono localizzati gli spazi destinati all'accoglienza, le aule dei docenti e i laboratori; si fanno presenti alcune singolarità riscontrate nel sopralluogo:

- l'aula computer (A), risulta inagibile, poiché ha subito un allagamento e presenta muffa e degrado diffuso su tutte le pareti;
- nel corridoio di distribuzione dei laboratori (B) a soffitto sono presenti degli inserti in vetrocemento i cui blocchi non sono stati giuntati e permettono all'acqua di piovere all'interno della struttura;
- nel laboratorio a Sud (C) non è possibile spegnere la luce se non spegnendo l'interruttore generale

Queste osservazioni, non sono finalizzate ad una riqualificazione energetica, ma utili a favorire un corretto svolgimento delle attività scolastiche.



*Figura 4 - Immagini di alcune anomalie riscontrate*



## 1.2.2 Pianta Piano Primo

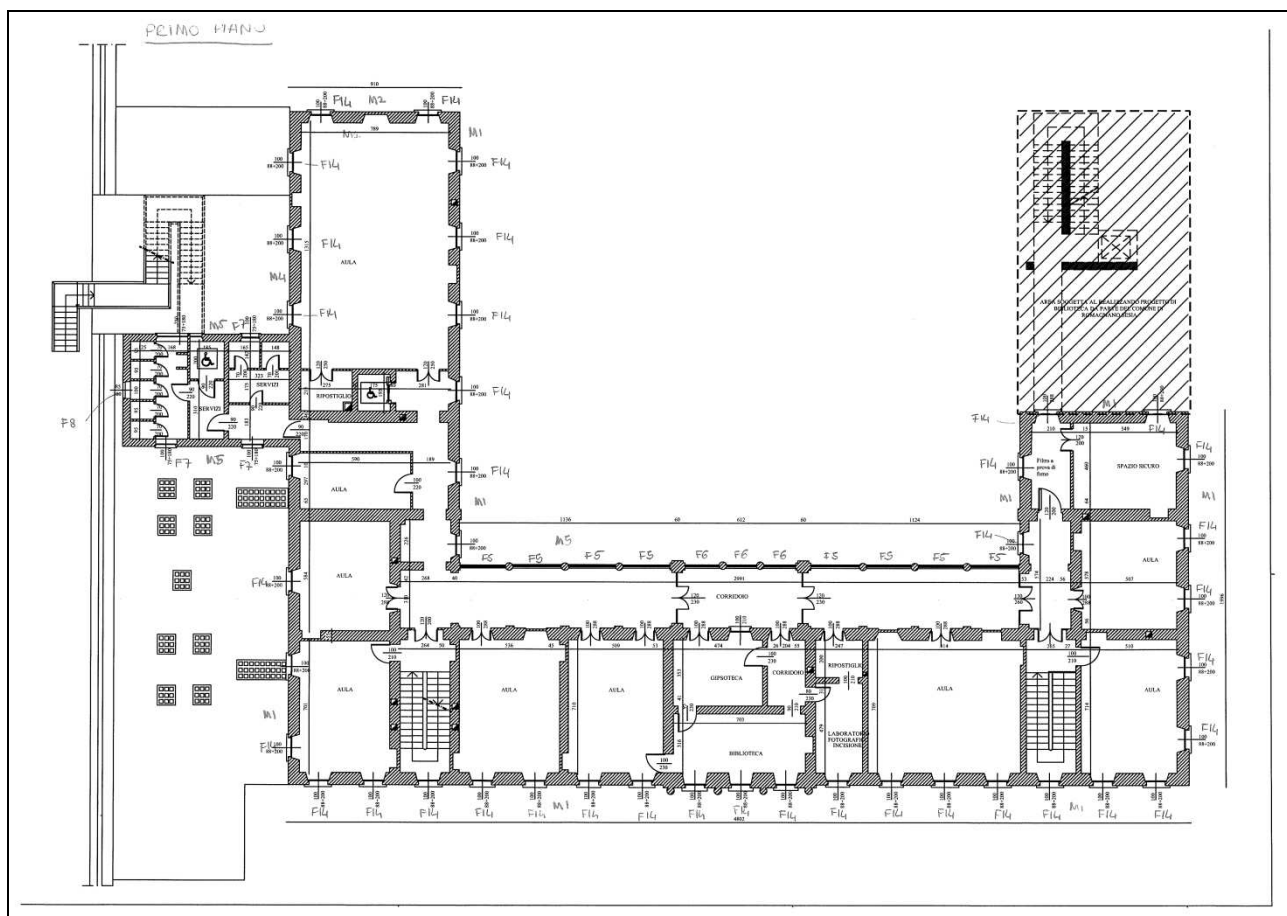


Figura 5 - Pianta Piano Primo

Il primo piano ospita le aule che si trovano in buono stato, anche grazie alla personalizzazione effettuata ad opera dei ragazzi, sotto la guida della presidenza e dei docenti; queste aule sono dotate di termostati e di valvole termostatiche non funzionanti, come in tutto il resto degli edifici.

I termostati infatti non sono collegati all'impianto elettrico, ma sono dotati di pile, che ovviamente, devono essere cambiate con regolarità.

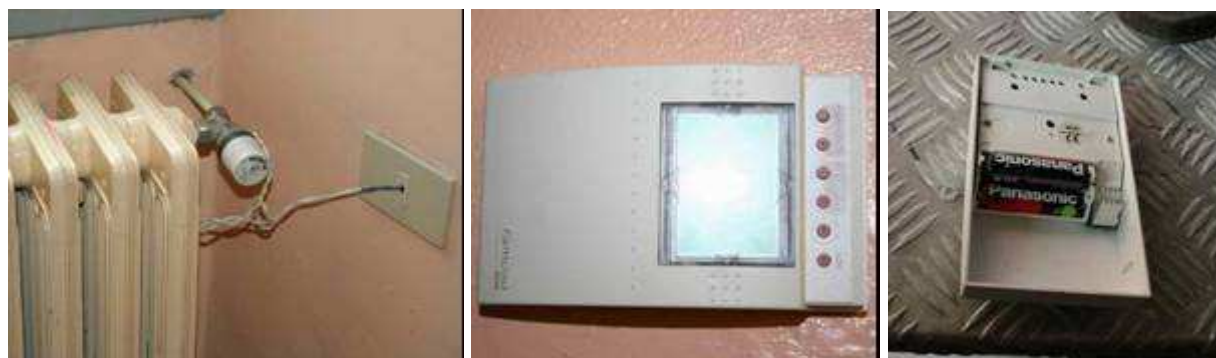


Figura 6 - Sistema di regolazione non funzionante

## 1.2.3 Pianta Piano secondo

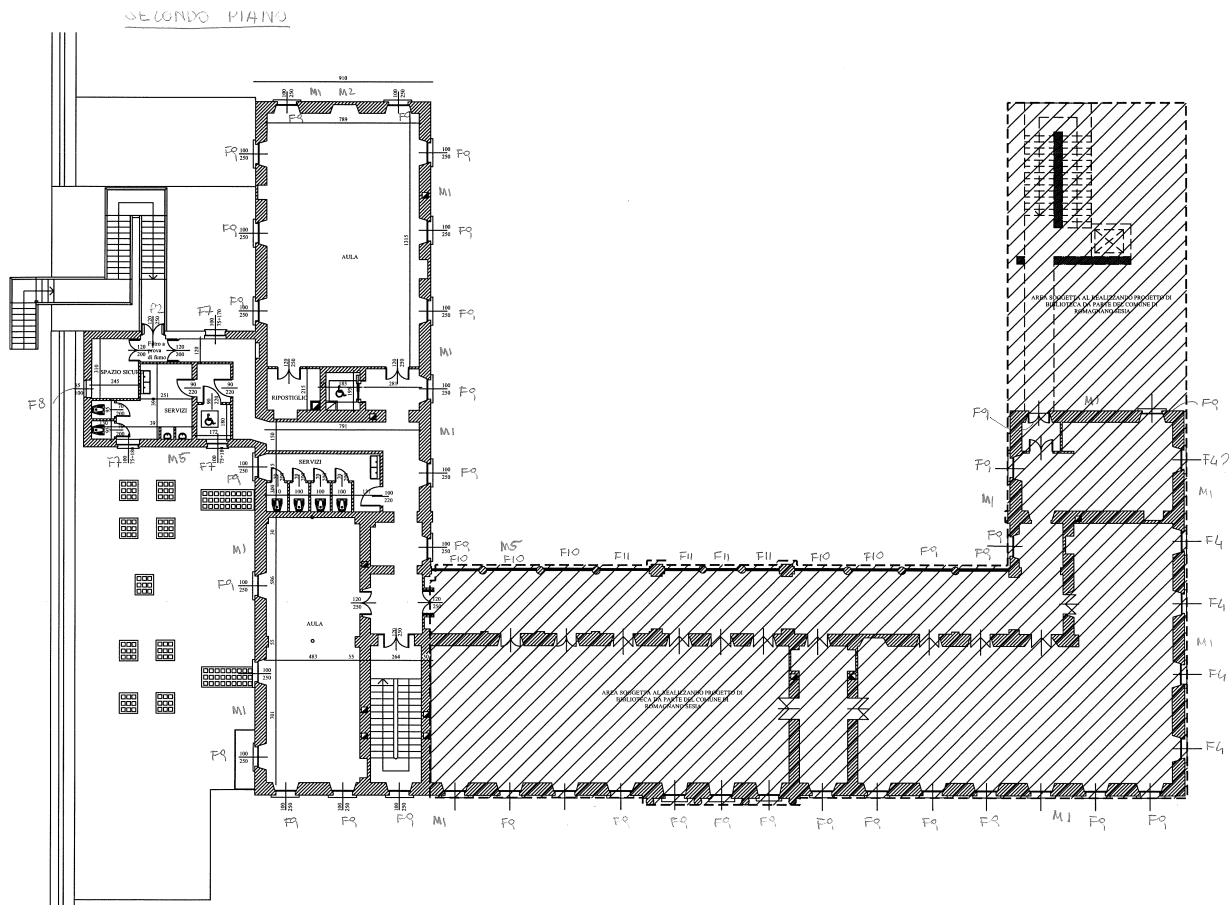


Figura 7 - Pianta Piano Secondo

In questo piano la superficie utilizzata dal liceo si riduce poiché buona parte viene occupata dalla biblioteca comunale; la modellazione dell'edificio elaborata, si riferisce, però anche ai consumi della biblioteca che allo stato di fatto è servita dalla stessa centrale termica.

## 1.3 Analisi del sistema edificio - impianti

Le stratigrafie dell'edificio sono state stimate in base agli spessori delle murature e all'anno di costruzione dell'edificio (tipologia edilizia). La struttura portante è in muratura di mattoni pieni con spessore medio di 60 cm, non isolata.

La facciata esterna del fabbricato si trova ora in fase di restauro, mirato al recupero causato dal degrado del tempo e degli agenti atmosferici, ma non finalizzato ad un miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio.

### 1.3.1 Stratigrafie esistenti

I dati relativi alle tipologie costruttive derivano dall'osservazione diretta nel corso dei sopralluoghi e da dettagli forniti dall'ufficio ambiente ed edilizia della Provincia di Novara. Il calcolo delle superfici corrispondenti alle tipologie censite è stato effettuato a partire dalle planimetrie in formato .dwg fornite dagli uffici tecnici della Provincia. La tipologia delle pareti verticali è prevalentemente in muratura a mattoni pieni; le facciate presentano elementi decorativi tipici dell'epoca di costruzione.



Gli elementi finestrati presentano varietà di dimensioni e materiali, a testimoniare interventi di manutenzione distribuiti nel tempo.

La **Tabella 2** riassume gli elementi censiti e riporta una descrizione della stratigrafia, della superficie interessata, della trasmittanza calcolata e un confronto, a titolo di esempio, con i valori limite per le nuove costruzioni definiti dalla legge regionale 28 maggio 2007 n. 13/2007 e relative disposizioni attuative, in materia di rendimento energetico nell'edilizia.

Stratigrafie esistenti						
Descrizione				Superficie [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U [W/m <sup>2</sup> K] limite
Pareti	M1		Muratura in mattoni pieni di tipo portante, spessore 60-65 cm	1.147,37	1,02	0,28
	M2		Muratura in mattoni pieni di tamponamento sottofinestre, spessore 15 cm	15,35	2,92	
	M3		Cemento armato	32,96	0,660	
	M4		Muratura in mattoni pieni di tipo portante, spessore 44-54 cm	179,97	0,849	
	M5		Muratura in mattoni pieni di tipo portante, spessore 32-41 cm	301,62	0,688	
	M6		Porta	16,36	0,476	
	M7		Porta REI	9,72	1,689	
Serramenti	F1	Finestra 100x212		67,64	4,21	1,8
	F2	Finestra 250x315		61,10	5,22	
	F3	Finestra 150x315		14,17	5,23	

	F4	Finestra 100x120		7,20	4,77	
	F5	Finestra 250x200		44,00	5,02	
	F6	Finestra 150x220		9,90	4,84	
	F7	Finestra 100x180		10,80	5,00	
	F8	Finestra 58x100		1,70	4,95	
	F9	Finestra 100x250		107,50	4,78	
	F10	Finestra 250x160		24,00	3,13	
	F11	Finestra 150x160		9,60	3,04	
	F12	Vetrocemento 96x106		9,16	3,98	
	F13	Vetrocemento 106x262		5,55	3,67	
	F14	Finestra 100x200		82,00	4,77	
Solai	P1		Solaio su terra, spessore 31 cm	805,67	0,09	0,27
	P2		Solaio su cantina, spessore 27 cm	201,42	1,44	
	P3		Solaio di copertura verso esterno, spessore 7 cm	18,31	2,77	0,24
Copertura	S1		Solaio verso sottotetto, spessore 25 cm	147,49	1,86	0,24
	S2		Solaio verso esterno, spessore 31 cm	307,98	1,78	
Volte	S3		Solaio a volte, spessore 7 cm	720,08	2,85	0,24

Tabella 2 - Stratigrafie presenti

## 1.4 Serramenti

I serramenti sono prevalentemente in ferro o legno con vetro singolo; mentre quelli della biblioteca sono già stati sostituiti con serramenti in alluminio con vetrocamera.

Data l'originalità dell'edificio sottoposta a vincolo ambientale, qualsiasi intervento che vada ad intaccare la matericità degli elementi presenti deve essere concordata con la sovrintendenza.

## 1.5 Impianto di climatizzazione

L'impianto di climatizzazione è costituito da una caldaia ( $P_u$  350 kW complessivi), alimentata a gas metano, che provvede al riscaldamento sia della scuola che della biblioteca. L'impianto in centrale è di recente installazione, la caldaia è stata sostituita circa undici anni fa, la distribuzione avviene attraverso montanti che corrono nell'intercapedine esistente nella muratura.

Il riscaldamento di tutto l'edificio è regolato da cronotermostati attualmente **non funzionanti**.

I terminali di distribuzione sono radiatori in ghisa in tutte le zone, tranne che nei locali della biblioteca che presenta impianto di riscaldamento autonomo.

### 1.5.1 Impianto termico

Il Liceo Artistico Casorati è fornito di una centrale termica situata a piano terra, in un corpo adiacente alla struttura principale in cui è stato possibile reperire le informazioni riportate nella Tabella 3 - Caratteristiche impianto Termico; L'impianto è in funzione 6 giorni su 7, in modo continuo per il periodo di accensione del riscaldamento.

Dati Impianto Termico	
Caldaia	1
Marca	Buderus
Modello	GE434
Combustibile	Gas Metano
Potenza al focolare [kW]	350.0
Potenza nominale [kW]	377.0
Anno di installazione	2001
Rendimento [%]	92.80
Distribuzione	Montanti verticali
Corpi scaldanti	Radiatori a piastra installati su pareti esterne non isolate
Regolazione	Manuale
Tipo di gestione	Gestione calore
Dispositivi di regolazione	Ambiente modulante banda p 1 °C

Tabella 3 - Caratteristiche impianto Termico

Riportiamo di seguito alcune immagini degli elementi dell'impianto



*Figura 8 - Impianto di climatizzazione*

## 1.6 Sistema di building automation

Una forma elementare di building automation può essere rappresentata dai termostati e dalle valvole termostatiche che permettono di regolare la temperatura interna dei locali, regolando l'emissione dei caloriferi in base alla temperatura realmente riscontrata dal termostato.

## 1.7 Impianto elettrico

L'impianto elettrico principale è distribuito unicamente in bassa tensione (BT) a 210-220 V. La potenza contrattuale disponibile è pari a 17,7 kW.



*Figura 9 - Contabilizzatore*

### 1.7.1.1 Carichi

I carichi elettrici principali dell'edificio sono assorbiti prevalentemente dal sistema di illuminazione e dai dispositivi distribuiti nelle aule, nei laboratori e negli spazi riservati ai docenti al piano terra.

## 1.8 Impianto di illuminazione

L'impianto di illuminazione presente in tutto l'edificio è un impianto obsoleto, le lampade utilizzate per l'illuminazione sono lampade fluorescenti che consumano circa 36 - 40 W, lontani dalle prestazioni garantite da lampadine a basso consumo energetico che consumano circa la metà.



*Figura 10 - Illuminazione aule*



## 2. Analisi del contesto

### 2.1 Studio delle condizioni climatiche di Romagnano Sesia

Le condizioni climatiche standard del territorio di Novara, come definite dal D.P.R. 59/2009 e dalle UNI11300, sono riportate nella tabella che segue:

Dati generali e climatici	
Gradi Giorno	2509 GG
Zona climatica	E
Durata convenzionale del periodo di riscaldamento	183 giorni
Temperatura esterna di progetto	-6.0°C
Temperatura interna di progetto	20.0°C
Altitudine sopra il livello del mare	268 m
Umidità relativa	55.0%
Latitudine	45° 37' Nord
Longitudine	8° 22' Est
Velocità max. del vento e direzione prevalente	1.6 m/s Nord
Temperatura esterna bulbo asciutto	32.0°C
Temperatura esterna bulbo umido	24.5° C
Escursione termica giornaliera	11.0°C

*Figura 6 - Dati climatici ambientali*

Il parametro più interessante ai fini dell'analisi sono i Gradi Giorno (GG), ovvero un parametro che definisce l'andamento delle temperature in una stagione termica. I GG indicano la somma annuale delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura convenzionale fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera per la stagione del riscaldamento. I GG definiti dalla norma UNI 10349 vengono convenzionalmente utilizzati per il calcolo del fabbisogno termico di un edificio e rappresentano il dato medio su 40 anni.

L'analisi della variabilità delle condizioni climatiche è il presupposto di qualsiasi valutazione del comportamento energetico di un edificio. In primo luogo, infatti, i consumi termici di un edificio variano al variare delle condizioni climatiche, pertanto ogni variazione non riconducibile all'aumento o alla diminuzione della temperatura esterna dipende da fattori legati all'uso ed alla manutenzione dell'edificio.

#### 2.1.1 Andamento gradi giorno

L'andamento dei gradi giorno negli anni 2005-2006, 2006-2007-2007-2008 viene riassunto nelle seguenti tabelle, prendendo come riferimento i dati di Borgomanero, centro più vicino a Romagnano Sesia. Si ricorda che i Gradi Giorno utilizzati negli anni 2008-2010 sono quelli di Romagnano Sesia da normativa UNI 10349.

2005-2006	
<b>GG</b>	<b>2720</b>
MEDIE MENSILI	
OTTOBRE	12,2
NOVEMBRE	5,8
DICEMBRE	0,7
GENNAIO	0,4
FEBBRAIO	2,4
MARZO	6,6
APRILE	12,5

2006-2007	
<b>GG</b>	<b>2096,2</b>
MEDIE MENSILI	
OTTOBRE	14,0
NOVEMBRE	8,3
DICEMBRE	3,9
GENNAIO	4,5
FEBBRAIO	5,7
MARZO	9,4
APRILE	15,9

2007-2008	
<b>GG</b>	<b>26,16</b>
MEDIE MENSILI	
OTTOBRE	11,8
NOVEMBRE	5,7
DICEMBRE	2,2
GENNAIO	3,5
FEBBRAIO	4,2
MARZO	8,2
APRILE	10,9

Tabella 4 - Gradi giorni a Borgomanero, località più prossima a Romagnano Sesia

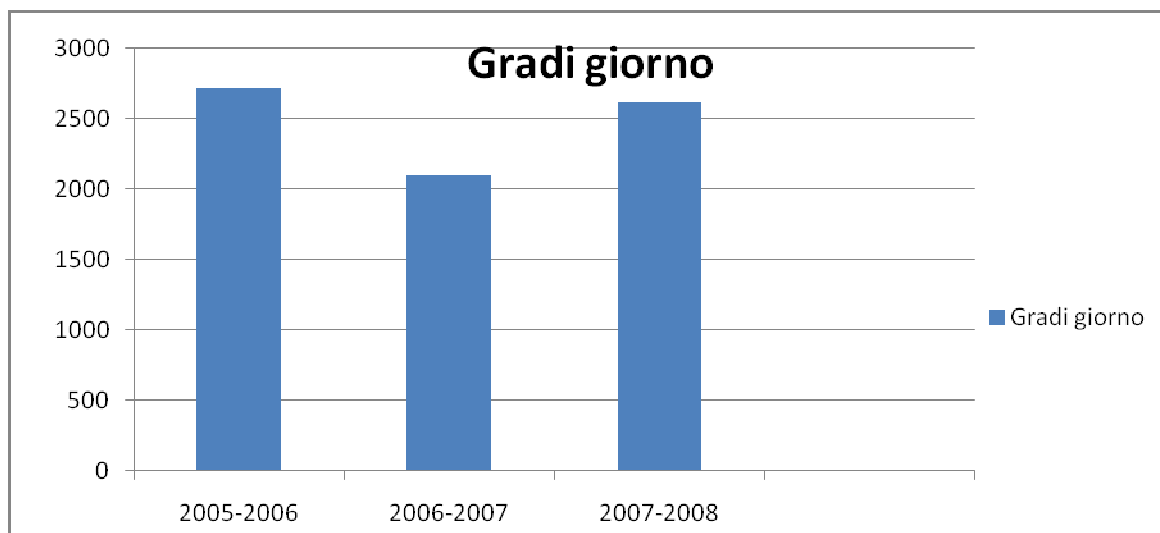






Figura 11 - Andamento dei gradi giorno

### 3. Identificazione delle criticità

Da una prima analisi dei parametri costruttivi dell'edificio è possibile evidenziare i problemi indicati nella seguente tabella. Per chiarezza ad ogni problema è stata associata un'immagine esplicativa e una breve descrizione.

Problema	Descrizione
<p>Ventilazione indesiderata</p>  	<p>Lo stato di manutenzione delle strutture è piuttosto critico. Si rilevano numerosi infissi danneggiati nei montanti, nei traversi e nei controtelai dei singoli serramenti. Questo determina una riduzione della tenuta dei singoli serramenti con una conseguente ventilazione interna indesiderata e incontrollata che comporta consistenti perdite di calore durante la stagione termica.</p> <p>La ventilazione da norma UNI 10339 è stata calcolata pari a circa 0,5 volumi di aria per ora (Vol/h) e considera il ricambio d'aria necessario all'edificio sulla base delle geometrie dell'edificio, della destinazione d'uso e del numero di occupanti.</p>
<p>Scarsa capacità isolante delle finestre</p> 	<p>Le finestre risalgono a periodi diversi ed evidenziano caratteristiche piuttosto varie. Sono stati identificate le seguenti tipologie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>serramenti in legno con vetro semplice</li> <li>serramenti in alluminio con vetro singolo</li> <li>serramenti in alluminio con doppio vetro (biblioteca)</li> </ul>
<p>Assenza di isolamento delle pareti esterne</p> 	<p>Il collegio Curioni, non presenta alcun tipo di isolamento, né all'interno, né all'esterno delle pareti costituiti da mattoni pieni e caratterizzati da una elevata inerzia termica che rallenta i flussi di calore e comporta un lungo periodo di sfasamento; presenta però scarse capacità isolanti.</p>

Presenza di ponti termici		<p>I ponti termici sono punti di discontinuità delle caratteristiche termiche negli elementi edilizi costituendo una via privilegiata per gli scambi di calore da e verso l'esterno.</p> <p>L'unica soluzione per l'abbattimento dei PT consiste nella realizzazione di un cappotto esterno, che, in questo caso, non è ipotizzabile, vista la natura del manufatto architettonico.</p>
Scarso isolamento del tetto	//	<p>Anche i valori di trasmittanza delle coperture dell'edificio scolastico risultano elevati. Ciò comporta perdite di calore in inverno ed eccessivo riscaldamento in estate. Il valore medio rilevato è di 1,82 W/m<sup>2</sup>K, rispetto al valore indicato da normativa per i nuovi edifici di 0,24 W/m<sup>2</sup>K.</p>
Scarso isolamento del basamento	//	<p>La trasmittanza del basamento, contro terra, è abbastanza contenuta. Questo dipende non tanto dalle caratteristiche dell'elemento edilizio, ma dall'inerzia del terreno.</p> <p>Ad ogni modo si valuta tale problema poco rilevante e si consiglia quindi la coibentazione solo in caso di importante ristrutturazione (rifacimento pavimenti).</p>
Impianto termico		<p>La caldaia evidenzia rendimenti abbastanza buoni, con il 92,8%.</p> <p>L'aggiunta di una regolazione attraverso un termostato e delle valvole di regolazione funzionanti, permetterebbe di evitare i problemi di surriscaldamento degli ambienti e di dover aprire le finestre anche in inverno.</p>
Regolazione		<p>Il sistema di regolazione, fondamentale per garantire il comfort interno dell'edificio non è ad oggi funzionante, nonostante la presenza di termostati e di valvole termostatiche. I termostati, però, non sono collegati all'impianto elettrico, ma sono alimentati da batterie che devono essere cambiate periodicamente. Anche le valvole termostatiche in questo caso non sono funzionanti, poiché non ricevuto più nessun segnale dai termostati circa la temperatura rilevata all'interno degli ambienti.</p>
Presenza di vetro-cemento		<p>Si rilevano problemi di infiltrazioni d'acqua e perdite di calore causate dalla presenza di elementi in vetrocemento nelle coperture e nelle pareti. La sostituzione di questi elementi favorirebbe un miglioramento dell'efficienza energetica.</p>

Assenza di un sistema di Building Automation		<p>Durante il sopralluogo si è riscontrata la mancanza di un sistema di Building Automation. Il sistema di Building Automation permette di attivare e regolare in modo automatico tutti quei servizi che normalmente vengono lasciati al controllo dell'utente finale( illuminazione artificiale, climatizzazione...).</p>
--	--	--

*Tabella 5 - Problematiche riscontrate nel sistema edificio - impianto*



## 4. Analisi energetica dell'edificio

Per riuscire a individuare il potenziale di miglioramento dell'involucro edilizio e il conseguente risparmio ottenibile mediante interventi su muratura e impianti si procede alla costruzione di un modello base che restituisce l'edificio nella sua condizione attuale e che, successivamente, viene trasformato nelle sue caratteristiche termofisiche, apportando ad ogni simulazione un intervento migliorativo o un pacchetto di interventi compatibili, identificati come più urgenti dall'analisi delle criticità del sistema edificio - impianto.

Questa azione è fondamentale per potere poi determinare rapporto tra costo dell'investimento iniziale, beneficio apportato in termini di risparmio energetico e tempi di rientro degli investimenti

Per la costruzione del modello si è fatto uso del programma di progettazione termotecnica Edilclima EC 601 (v. 7.1.4), che utilizza gli algoritmi della norma UNI EN 11300 adeguato al nuovo D. Lgs. 311/06, Legge 10/91 e D.P.R. 412/93.

Il primo passo è la ricostruzione dell'edificio in termini di caratteristiche termofisiche di ogni elemento costruttivo che costituisce l'involucro, attraverso i parametri dei singoli materiali. Per ogni elemento viene indicata la superficie, distinta a seconda dell'orientamento. Questo parametro, congiuntamente alla temperatura di progetto, permette di definire la potenza dell'edificio e di definire contestualmente come le dispersioni di calore si distribuiscono attraverso l'involucro.

In secondo luogo vengono definite le grandezze che consentono di calcolare gli apporti gratuiti e le dispersioni dovute alla ventilazione.

Il comportamento dell'edificio durante la stagione di riscaldamento viene poi simulato, prendendo in considerazione i parametri dell'impianto termico legati alla produzione, alla distribuzione ed alla regolazione del calore.

La valutazione delle prestazioni energetiche di ogni singolo edificio è stata effettuata attraverso la il calcolo di alcuni indicatori di efficienza energetica:

- domanda totale di energia per riscaldamento invernale per m<sup>3</sup> di volume riscaldato (kWh/m<sup>3</sup>) confrontata con i corrispondenti valori definiti dalla attuale normativa vigente;
- consumo teorico per m<sup>3</sup> di volume riscaldato (kWh/m<sup>3</sup>);
- la distribuzione delle dispersioni attraverso l'involucro.

Come ultima fase si procede alla validazione dei risultati ottenuti, calibrando il modello sui dati di consumo reale, opportunamente interpretati. Infine vengono predisposti gli interventi di migliorie delle strutture e degli impianti, con la quantificazione dei consumi associati alle nuove condizioni e la valutazione dei relativi risparmi.

I risultati del modello che simula il comportamento energetico dell'edificio, dal punto di vista termico, sono messi a confronto con i valori limite di fabbisogno energetico per il riscaldamento per le nuove costruzioni e definiti dal D.Lgs. 311/06 e dalla DELIBERAZIONE DEL CONSIGLIO REGIONALE n. 98-1247 11 gennaio 2007 (Stralcio di Piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento) della Regione Piemonte, in attesa della pubblicazione delle Norme di attuazione della Legge Regionale n. 13 del 28/05/07. In figura è invece rappresentata la distribuzione delle dispersioni attraverso l'involucro, a evidenziare gli elementi di maggiore criticità.

Il modello include anche la quota parte dei consumi destinati alla produzione di acqua calda sanitaria.

## 4.1 Valutazione delle prestazioni termiche dell'edificio

### 4.1.1 Analisi dei consumi

I consumi sono stati valutati tramite l'analisi dei dati forniti gestore di energia Tre G Sogesca.

Il seguente schema riassuntivo presenta l'andamento dei consumi negli ultimi anni in rapporto con i gradi giorno reali.

#### 4.1.1.1 Consumi termici

Andamento annuo calcolato per gli anni 2005-2008 sulla base dei consumi fornitici del gestore calore, per gli anni 2008-2010 sul modello elaborato a partire dall'analisi attuale del sistema edificio - impianto.

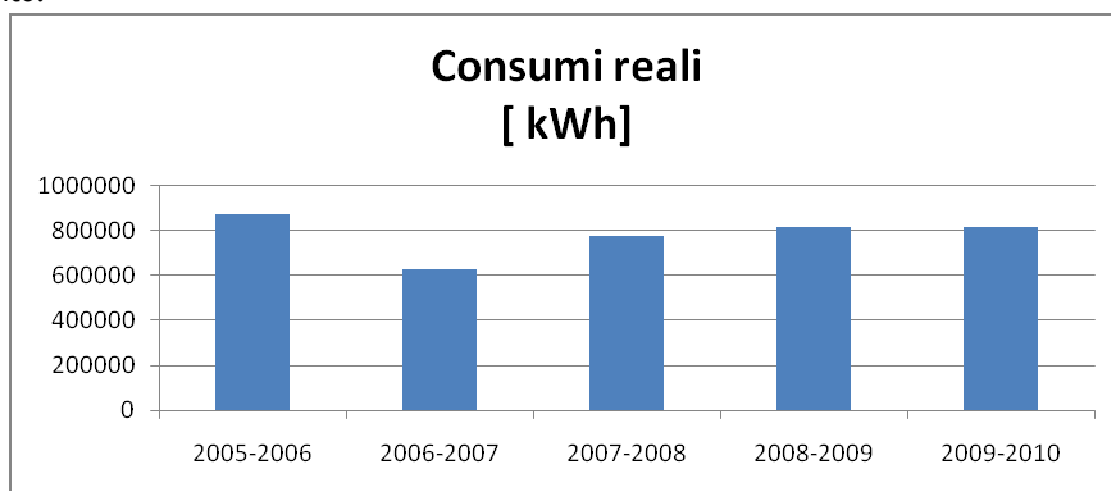


Figura 12 - Andamento consumi anno 2005-2010

I dati nell'istogramma evidenziano una variazione dei consumi annui legata ai gradi giorno, forniti dalla Provincia per il 2005, 2006, 2007 e parte del 2008, come si può riscontrare nella figura successiva.

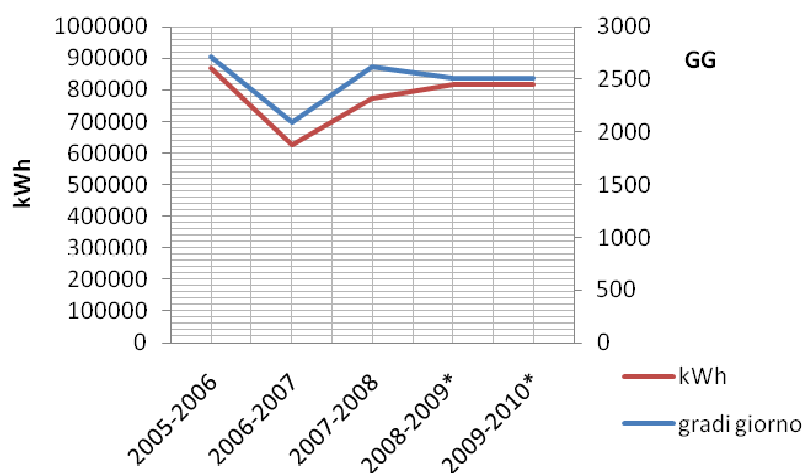


Figura 13 - Confronto andamento gradi giorno/consumi

\*gradi giorno forniti da Norma Uni 10349

Come si può notare dal grafico si presenta una stretta relazione tra l'andamento dei gradi giorno e dei consumi poiché le temperature esterne riscontrate nel periodo di attività dell'impianto di riscaldamento che a Novara ricordiamo essere dal 10 ottobre al 15 aprile.

## 4.2 Audit elettrico

Visto lo stato attuale dell'impianto elettrico e la tipologia di corpi illuminanti che in un edificio scolastico costituiscono la voce principale dei consumi elettrici, abbiamo deciso di non affrontare un'analisi puntuale che avrebbe portato sicuramente a interventi migliorativi decisamente al di sopra del budget fornito dalla Provincia e abbiamo preferito fornire delle linee guida per i prossimi interventi di manutenzione ordinaria.

### 4.2.1 Valutazione dell'impianto di illuminazione

Partendo dalla normativa UNI U29000310, abbiamo ipotizzato che per ogni aula bisognasse soddisfare 500 lux che corrispondono a 12 lampade a fluorescenza; abbiamo poi conteggiato una somma forfettaria di 100 lampade per gli altri spazi e abbiamo calcolato i consumi e costi annui; il risultato ottenuto può essere considerato plausibile in quanto i consumi totali elettrici dell'edificio sono di 39.838 kWh a cui si sottraggono i consumi dei computer, delle stampanti e di altri elettrodomestici accessori e si ottengono i 26.665,34 kWh.

## 5. Proposta di interventi migliorativi

Riportiamo di seguito gli interventi individuati come più urgenti in base alle criticità riscontrate nel capitolo precedente e sulla base dei vincoli tipologici dell'edificio stesso e economici posti dalla Provincia di Novara.

Gli interventi che idealmente potrebbero essere adottati per migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio, sono vari:

- isolamento copertura;
- isolamento a cappotto;
- sostituzione dei serramenti;
- efficientamento dell'impianto di distribuzione;
- sostituzione del generatore di calore con generatore a biomassa;
- sostituzione infissi;

tutti questi interventi si scontrano però con due fattori fondamentali:

- la natura dell'edificio, tutelato come bene culturale;
- l'entità limitata degli investimenti previsti dalla Provincia.

La presente diagnosi energetica ha deciso quindi di trascurare la simulazione degli interventi non concretamente realizzabili e si è orientata verso la valutazione del rapporto costi - benefici di soluzioni che, effettivamente potrebbero essere realizzate.

Gli interventi che abbiamo ritenuto opportuno realizzare un modello simulativo sono:

- Sostituzione dei serramenti a trasmittanza  $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ 
  - k telaio:  $17,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
  - struttura vetro: 4-9-4 con intercapedine di aria;
  - k distanziatore:  $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Sostituzione dei serramenti a trasmittanza  $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ 
  - k telaio:  $17,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
  - struttura vetro: 4-9-4 con intercapedine di argon;
  - k distanziatore:  $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Rifunionalizzazione impianto di regolazione.

Come primo intervento migliorativo abbiamo proposto la sostituzione dei serramenti, soluzione che molto spesso viene individuata come causa delle eccessive dispersioni, viste le pessime caratteristiche degli infissi nel parco edifici pubblico.

Abbiamo applicato due diverse tipologie di serramenti, le cui trasmittanze si pongono una al di sopra dei limiti imposti da normativa ( $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e l'altra al di sotto; in questo modo abbiamo voluto dimostrare l'incidenza che le componenti vetrate hanno all'interno di un sistema complesso qual è quello edificio - impianto

La terza simulazione ha coinvolto l'impianto di regolazione che, ad oggi, risulta essere già presente, anche se non funzionante per dimostrare il beneficio che può apportare un intervento economicamente modesto, come quello del ricambio delle pile su termostati.

## 5.1 Intervento 1 - Sostituzione dei serramenti ( $U=2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

La sostituzione dei serramenti è un intervento che viene sostenuto molto frequentemente negli edifici pubblici o di grandi dimensioni; i serramenti presenti sul mercato oggi sono di vario tipo e offrono prestazioni molto diverse in base al materiale del telaio, alla tipologia di vetri, al numero di vetri e camere presenti ed alla materiale che costituisce i distanziatori.

Il limite di trasmittanza è fissato oggi per legge a  $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , limite che assicura delle prestazioni buone, soprattutto rispetto alle prestazioni generali dell'involucro edilizio dell'edilizia diffusa, in particolar modo quella anni 60-70.

Abbiamo ipotizzato la sostituzione dei serramenti con due tipologie diverse per prestazioni per verificare l'effettivo impatto delle dispersioni attraverso la componente trasparente sull'edificio e i guadagni che si possono ricavare con due prestazioni diverse.

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m <sup>2</sup> ]	U Nuova [W/m <sup>2</sup> K]	U limite [W/m <sup>2</sup> K]
INTERVENTO 1	Sostituzione dei serramenti ( $U=2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ )	L'intervento prevede la sostituzione di tutte le finestre dell'edificio con serramenti in alluminio a taglio termico o legno con vetrocamera. Se l'installazione viene fatta a regola d'arte, l'intervento consente, oltre a migliorare le dispersioni di calore attraverso le superfici trasparenti, di ridurre le dispersioni dovute a ventilazione indesiderata.	298,72	2,60	1,8

Tabella 6 - interventi migliorativi

## 5.2 Intervento 2 - Sostituzione dei serramenti ( $U=1.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

I serramenti proposti per l'intervento a differenza di quelli precedenti, propongono dei vetri basso emissivi che sono trasparenti alle radiazioni termiche solari che lasciano entrare all'interno dell'edificio e, contemporaneamente, impediscono la fuoriuscita della radiazione termica emessa dai corpi riscaldanti.

In questo modo riducono drasticamente le dispersioni termiche e riflettono il calore permettono un notevole risparmio dei costi energetici di riscaldamento.

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m <sup>2</sup> ]	U Nuova [W/m <sup>2</sup> K]	U limite [W/m <sup>2</sup> K]
INTERVENTO 2	Sostituzione dei serramenti ( $U=1.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ )	L'intervento prevede la sostituzione di tutte le finestre dell'edificio con serramenti in alluminio a taglio termico o legno con vetrocamera basso emissivi.	298,72	1,70	

Tabella 7 - interventi migliorativi



### 5.3 Intervento 3 - Sistemazione impianto di regolazione (cronotermostati)

L'impianto di regolazione è già presente all'interno dell'edificio, installato nel 2000 e rimasto in funzione per un periodo limitato.

Il termostati installati non sono collegati alla corrente, ma funzionano a pile, sistema non indicato su un edificio dove si dovrebbe tendere ad una manutenzioni minima.

Abbiamo però valutato uno spreco la sostituzione di apparecchi esistenti e funzionanti e consideriamo un intervento più appropriato la fornitura di pile ricarica bili che, affidata ad un personale informato, permettano di rifunzionalizzare il sistema di regolazione.

Questo intervento è poi abbinato alla sostituzione delle valvole termostatiche non funzionanti presenti sui corpi riscaldanti ed eventualmente, la fornitura di supporti di protezione per evitarne la manomissione da parte degli studenti.

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m <sup>2</sup> ]	U Nuova [W/m <sup>2</sup> K]	U limite [W/m <sup>2</sup> K]
INTERVENTO 3	Sistemazione impianto di regolazione (cronotermostati)	Sostituzione delle pile dei termostati funzionanti ed eventuale sostituzione delle valvole termostatiche assenti o manomesse.	//	//	//

Tabella 8 - interventi migliorativi

### 5.4 Intervento 4 - Building automation

	Intervento	Descrizione intervento	Superficie coinvolta [m <sup>2</sup> ]	U Nuova [W/m <sup>2</sup> K]	U limite [W/m <sup>2</sup> K]
INTERVENTO 4	Building Automation	Il progetto di Building Automation prevede di integrare il controllo della temperatura e dell'umidità mediante l'applicazione di sensori di temperatura e di umidità nelle singole aule e del sistema di controllo luminoso mediante l'applicazione di sensori di luce e rilevatori di attività/presenza umana all'interno dell'aula stessa. Consente inoltre di disattivare la climatizzazione nel singolo ambiente qualora i serramenti siano aperti.	//	//	//

Tabella 9 - interventi migliorativi

Il sistema di Building Automation consente di ridurre gli sprechi legati ad una gestione ed ad un uso non ottimale delle utenze elettriche e termiche, che in un edificio scolastico sono notevoli.

Si propone pertanto un sistema di Building Automation in grado di gestire in modo intelligente la temperatura, l'illuminazione e l'umidità relativa dei locali dell'istituto.

La soluzione proposta prevede una dorsale di interpiano cablata che collega gli apparati di piano.

Tali apparati saranno interconnessi in modo wireless con i sensori di temperatura, umidità e di illuminazione presenti sui singoli piani.

Le funzionalità implementate dal sistema di Building Automation sono descritte nelle seguenti sezioni.

#### 5.4.1 Gestione e controllo clima, riscaldamento e raffrescamento

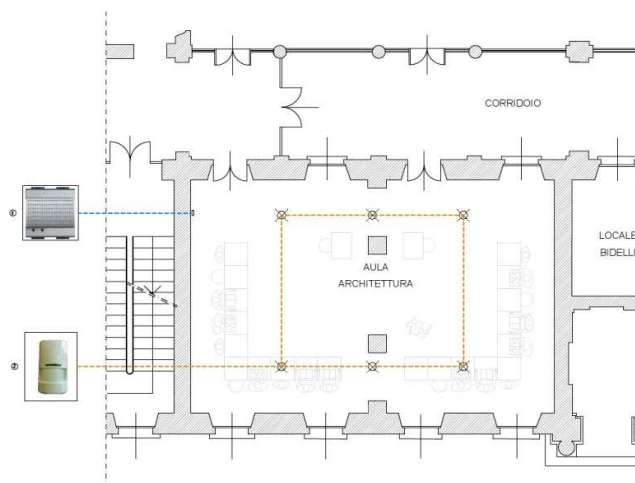
Attraverso il sistema di building automation il progetto prevede il controllo della temperatura e dell'umidità a livello di piano o di singole aule mediante l'applicazione di sensori di temperatura e di umidità relativa; nel primo caso vengono installati in punti identificati significativamente descrittivi del microclima del piano, nel secondo caso invece vengono installati in ciascun'aula.

Il sistema gestirà una centralina di piano che regolerà la portata di acqua calda in uscita secondo le informazioni fornite dai sensori, o in alternativa dalle valvole termostatiche già presenti in ciascuna aula; il sistema di automazione consentirà anche di disattivare la climatizzazione nel singolo ambiente qualora i serramenti siano aperti.

#### 5.4.2 Gestione dell'illuminazione artificiale

Il servizio "zona/locale ON" offerto dal sistema di building automation e applicato alle singole aule e ai locali di servizio, permetterà di modulare l'accensione dei corpi illuminanti in base alla fascia oraria o a eventuali criteri stabiliti con la committenza.

Riportiamo di seguito uno schema esemplificativo della distribuzione attraverso l'edificio e uno zoom su una singola aula e un'analisi dei benefici apportati dal sistema tecnologico.



*Figura 14 - Applicazione su aula tipo*

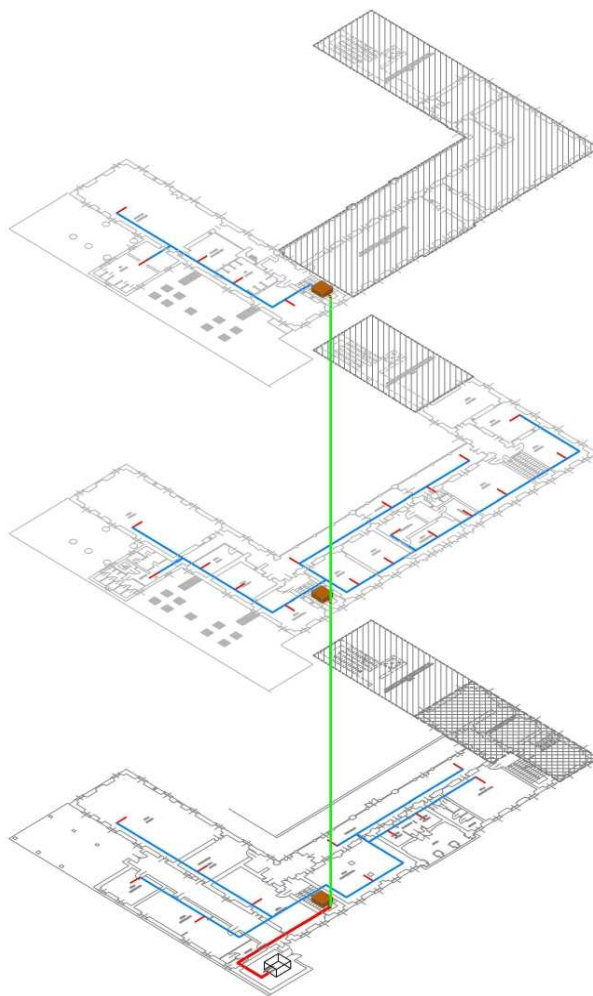


Figura 15 - Schema distributivo edificio

	Energia primaria per climatizzazione [kWh/m <sup>3</sup> anno]	Energia primaria risparmiata [kWh/m <sup>3</sup> anno]	%	Co <sub>2</sub> Risparmiata [Kg/anno]
<b>Building Automation Controllo temperatura</b>	62,19	6,91	10,00	16.589,31

Tabella 10 - riepilogo consumi e risparmi post intervento per la funzione di riscaldamento

	kWh elettrici [kWh]	kWh elettrici risparmiati [kWh]	%
<b>Building Automation Illuminazione</b>	810,09	202,52	20,00

Tabella 11 - riepilogo consumi e risparmi post intervento

## 5.5 Intervento 5 - Illuminazione

Per quanto riguarda invece l'impianto di illuminazione, si può dimostrare che solo con la semplice sostituzione delle lampadine, con lampade a Led che garantiscano gli stessi Lumen, si possano dimezzare i consumi e di conseguenza i costi.

	Consumo [W]	Lampade per aula	Lampade altri spazi	orario utilizzo [h]	Consumi [kW/h]	Consumi annuali [kW/h]	n°aule	Consumi annuali aule [kW/h]	Consumi annuali altri spazi [kW/h]	Consumi tot [kW/h]	Costo per kW/h [€]	Costo totale giornaliero [€]	Costo totale annuale [€]
Lampade fluorescenza	36,00	12,00	300,00	8,00	3,46	1.012,61	38,00	692,16	320,45	1.012,61	€ 0,12	€ 121,51	€ 44.352,23
Lampade Led	18,00	12,00	300,00	8,00	1,73	506,30	38,00	346,08	160,22	506,30	€ 0,12	€ 60,76	€ 22.176,12

Tabella 12 - riepilogo consumi e risparmi elettrici post intervento

	kWh elettrici [kWh]	kWh elettrici risparmiati [kWh]	%
Sostituzione corpi illuminanti	506,30	506,30	50,00

Tabella 13 - interventi migliorativi

## 6. Conclusioni

Nella Tabella 14 vengono riportate gli effettivi benefici che gli interventi possono apportare alla sistema edificio - impianti, in termini di energia primaria e CO<sub>2</sub>, parametri significativi anche negli attestati di certificazione energetica.

	Energia Primaria per climatizzazione [kWh/m <sup>3</sup> anno]	Energia primaria risparmiata [kWh/m <sup>3</sup> anno]	%	Co <sub>2</sub> Risparmiata [Kg/anno]
<b>Sostituzione infissi U= 2,6</b>	67,58	4,50	6,51	3.549,78
<b>Sostituzione infissi U= 1,6</b>	63,41	5,67	8,21	13.607,49
<b>Regolazione</b>	52,54	16,63	24,07	39.875,86
<b>Building Automation Gestione temperatura</b>	62,19	6,91	10,00	16.589,31

Tabella 14 - riepilogo consumi e risparmi di energia primaria post intervento

	kWh elettrici [kWh]	kWh elettrici risparmiati [kWh]	%
<b>Building Automation Illuminazione</b>	810,09	202,52	20,00
<b>Sostituzione corpi illuminanti</b>	506,30	506,30	50,00

Tabella 15 - riepilogo consumi e risparmi elettrici post intervento

La Figura 16 mostra l'andamento dei consumi in funzione dell'intervento adottato, a valori inferiori corrispondono minori consumi



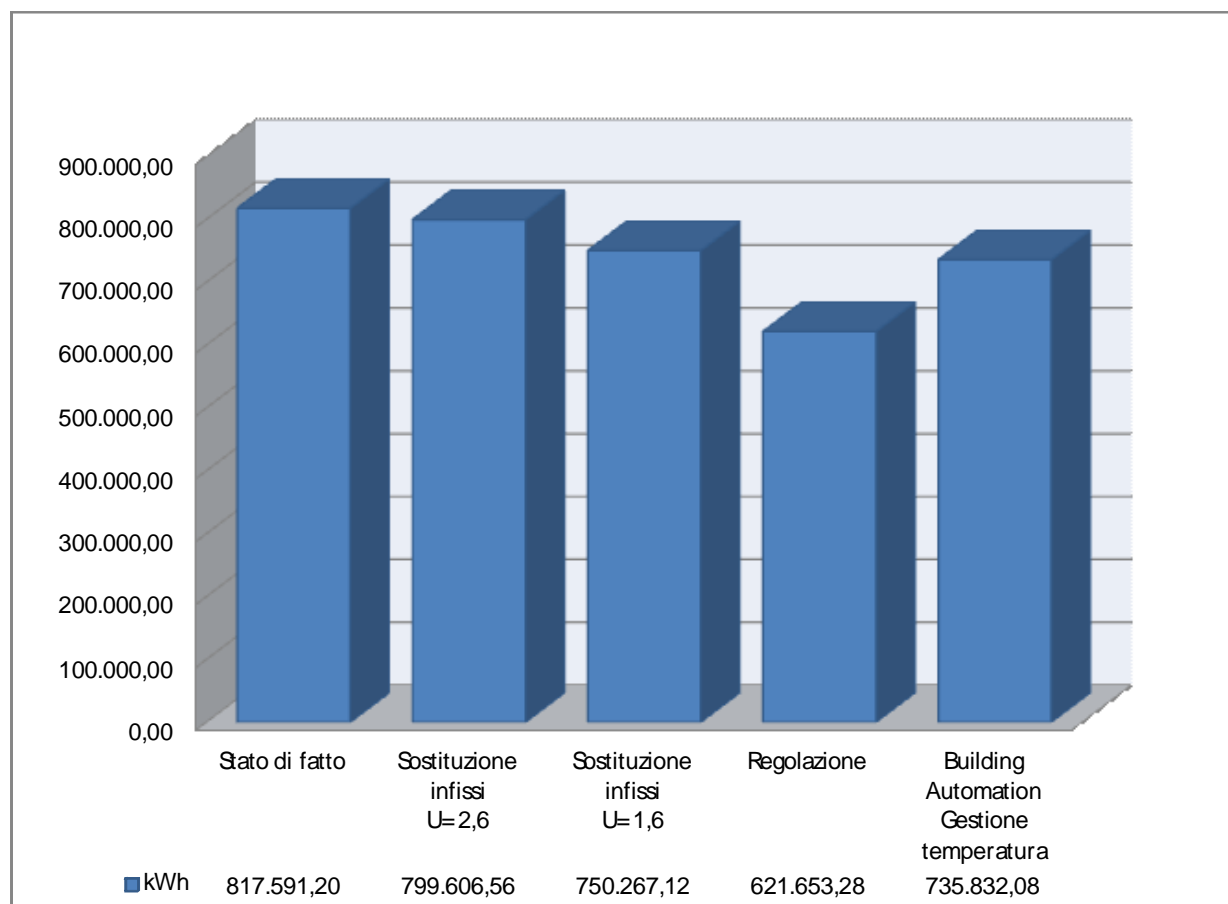


Figura 16 - Andamento dell'energia primaria espressa in kWh

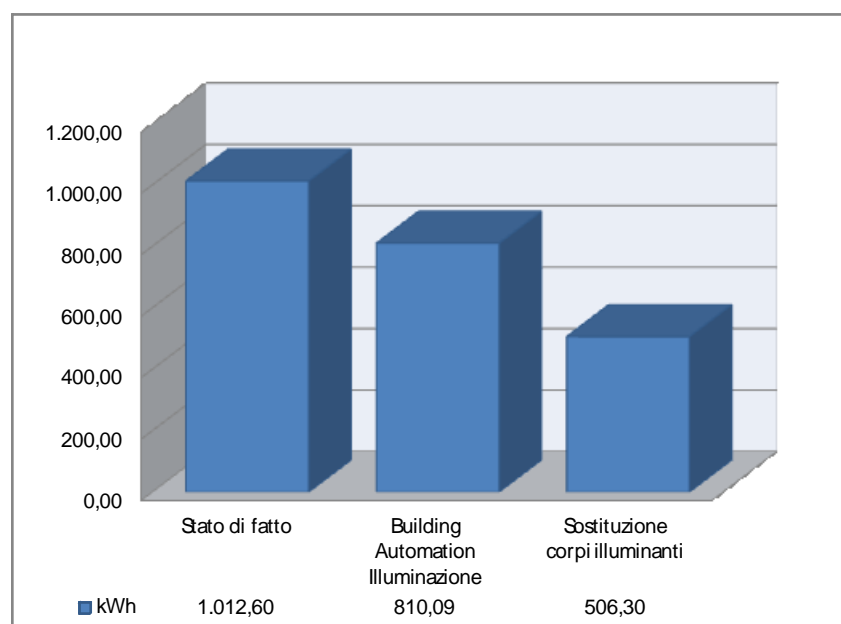
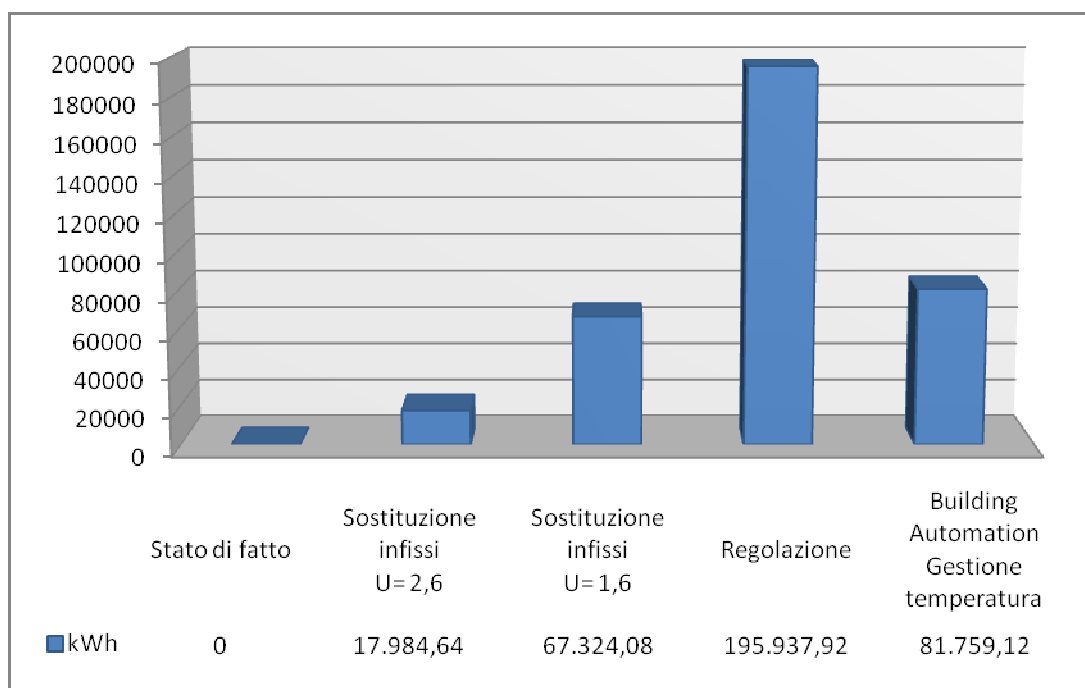
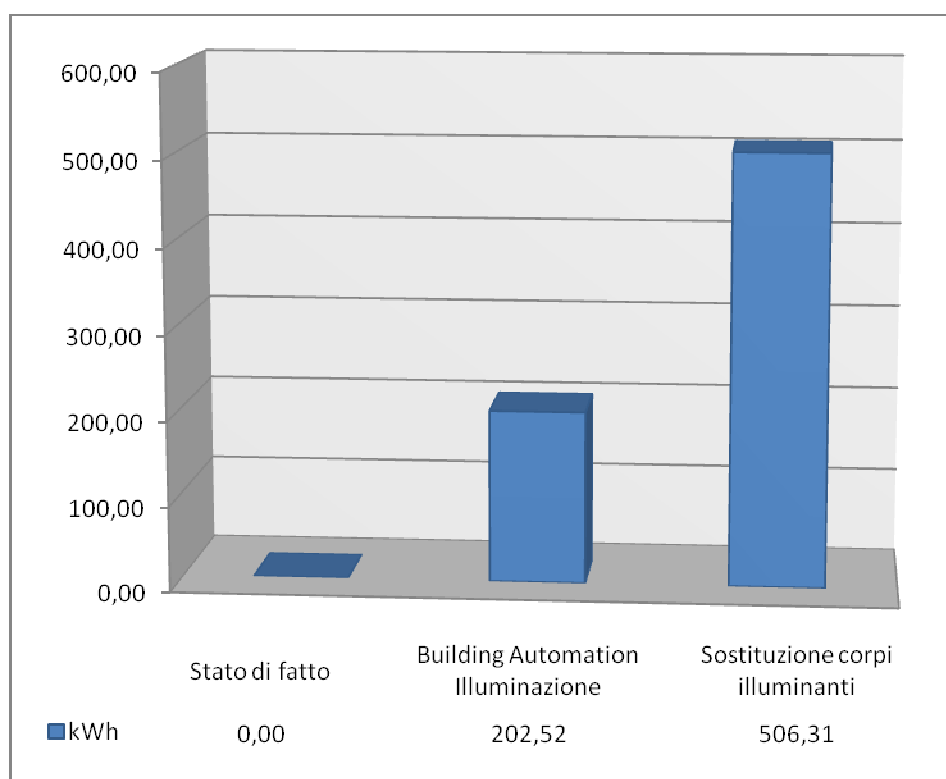


Figura 17 - Andamento dei consumi elettrici esposti in kWh

La Figura 18 mostra l'andamento del risparmio energetico annuo in funzione dell'intervento adottato, più è alto il valore e maggiore è il risparmio.



*Figura 18 - Energia primaria risparmiata*



*Figura 19 - kWh elettrici risparmiati*

Riportiamo nei grafici seguenti i risparmi conteggiati in gas risparmiato e in energia elettrica nell'arco degli anni inserendo le cinque soluzioni alternative.

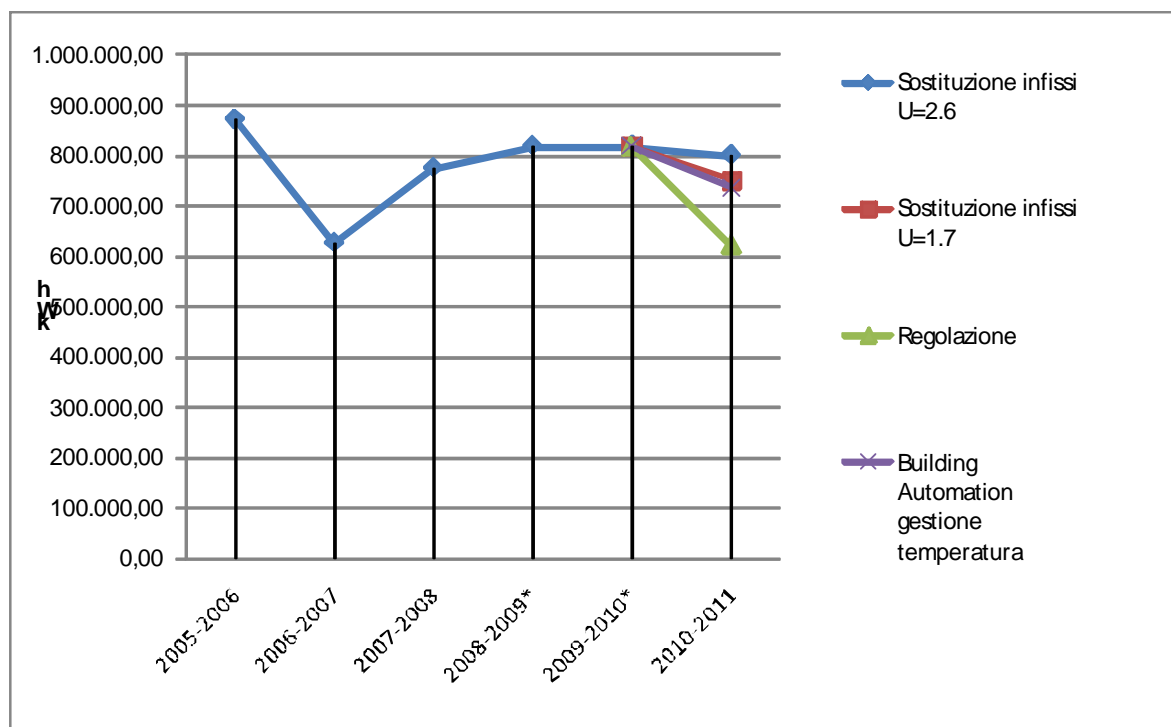


Figura 20 - Andamento dei consumi con interventi migliorativi

\*i gradi giorno degli anni 2008-2009 e 2009-2009 utilizzati per la modellazione dell'edificio non sono quelli reali, ma quelli forniti dal database di Edilclima (Uni 10349)

Come si può verificare dal grafico, la previsione dei consumi per l'anno 2010-2011, con l'intervento n° 1, rimane pressoché invariata ai consumi attuali, mentre con la sostituzione dei serramenti con  $U=1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  si riporta ai consumi dell'anno 2007 - 2008 in cui i consumi e l'intervento 3 riporta i consumi vicini ai consumi del 2006-2007.

## 6.1 Analisi costi/benefici degli interventi proposti

### 6.1.1 Intervento sistema Edificio - Impianti

Per gli interventi sopraindicati, riportiamo un'analisi costi - benefici con la descrizione degli interventi, comprensiva di dettagli sui costi. Le voci di costo e i prezzi associati sono ricavati dal Prezziario delle Opere Pubbliche della Regione Piemonte, aggiornato al 2010. In tabella sono riportati i prezzi unitari (per pezzo o  $\text{m}^2$ ), la superficie totale coinvolta ( $\text{m}^2$ ) o i pezzi totali utilizzati. I costi sono da considerarsi indicativi e focalizzati sull'intervento di riqualificazione energetica.

Per l'analisi dei costi - benefici apportati dall'installazione di un sistema di building automation, abbiamo ipotizzato in base alle nostre esperienze pregresse una riduzione dei costi energetici variabili tra l'8% e 12%; per riuscire a definire la distribuzione di questa percentuale sui costi di consumi termici o elettrici, la stima è più complessa ed andrebbero affrontati ulteriori approfondimenti riguardanti soprattutto l'impianto elettrico esistente.

Abbiamo deciso quindi di far ricadere tutti i benefici sui consumi termici, che in Italia sono più vantaggiosi rispetto a quelli elettrici a causa del costo del vettore termico, prendendo in considerazione, mantenendo quindi una posizione conservativa

La soluzione wireless consente un significativo risparmio economico e al tempo stesso un'elevata modularità delle soluzioni proposte.

È da tenere sempre presente che la Provincia di Novara ha stanziato € 150.000,00 complessivi per la riqualificazione energetica di 3 strutture scolastiche, pertanto sono da valutare gli interventi con il rapporto costi/benefici più alto

	<b>Voci Costo</b>	<b>Prezzo m<sup>2</sup>/intervento</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Totale</b>
<b>Sostituzione dei serramenti (U=2,6)</b>	Rimozione Fornitura Posa	€ 240,00	298,72	€ 71.692,80
<b>Sostituzione dei serramenti (U=1,7)</b>	Rimozione Fornitura Posa	€ 320,00	298,72	€ 95.590,40
<b>Regolazione ambiente</b>	Sostituzione pile/ valvole termostatiche danneggiate	€ 2.750,00	//	€ 2.750,00
<b>Building Automation</b>	Fornitura e posa	€ 12.000,00	//	€ 12.000,00
<b>Sostituzione corpi illuminanti</b>	Fornitura e posa	€ 17.380,00	//	€ 17.380,00

*Tabella 16 - analisi dei costi*

Nella tabella che segue, per ciascun intervento sono indicati:

- I costi totali relativi a ciascun intervento;
- Risparmio economico annuo dovuto al combustibile risparmiato, calcolato a partire dai m<sup>3</sup> di metano risparmiati e dal prezzo medio unitario pari a 0,7 €/m<sup>3</sup>;
- Risparmio economico annuo dovuto alla corrente risparmiata, calcolata a partire dai kWh/anno risparmiati e dal prezzo medio unitario pari a 0,12 €/m<sup>3</sup>;
- Tempo di ritorno dell'investimento attualizzato, considerando una percentuale di aumento del prezzo dell'energia pari al 4%/anno ed un tasso di attualizzazione del costo del denaro pari al 3%;
- Il risparmio ottenuto.

	Risparmio fornitura gas metano		Risparmio energia elettrica		Costo intervento [€]	€ risparmiati
	Nm³/anno	[€/anno]	kWh/anno	[€/anno]		
Sostituzione dei serramenti (U=2,6)	1865,85	€ 1.306,10	3715	€ 445,80	€ 71.692,80	€ 1.751,90
Sostituzione dei serramenti (U=1,6)	7052,93	€ 4.937,05	3702	€ 444,24	€ 95.590,40	€ 5.381,29
Regolazione ambiente	20686,1	€ 14.480,27	3668	€ 440,16	€ 5.000,00	€ 14.920,43
Building Automation	8566,7	€ 5.996,69	202,52	€ 24,30	€ 12.000,00	€ 6.020,99
Sostituzione corpi illuminanti	0	€ 0,00	506,3	€ 60,76	€ 17.380,00	€ 60,76

Tabella 17 - Analisi dei Costi - Benefici

Viene presentato il flusso di cassa di ciascun intervento calcolato su un arco di tempo di dieci anni, intervallo di tempo utile per ritenere significativi i benefici di un investimento.

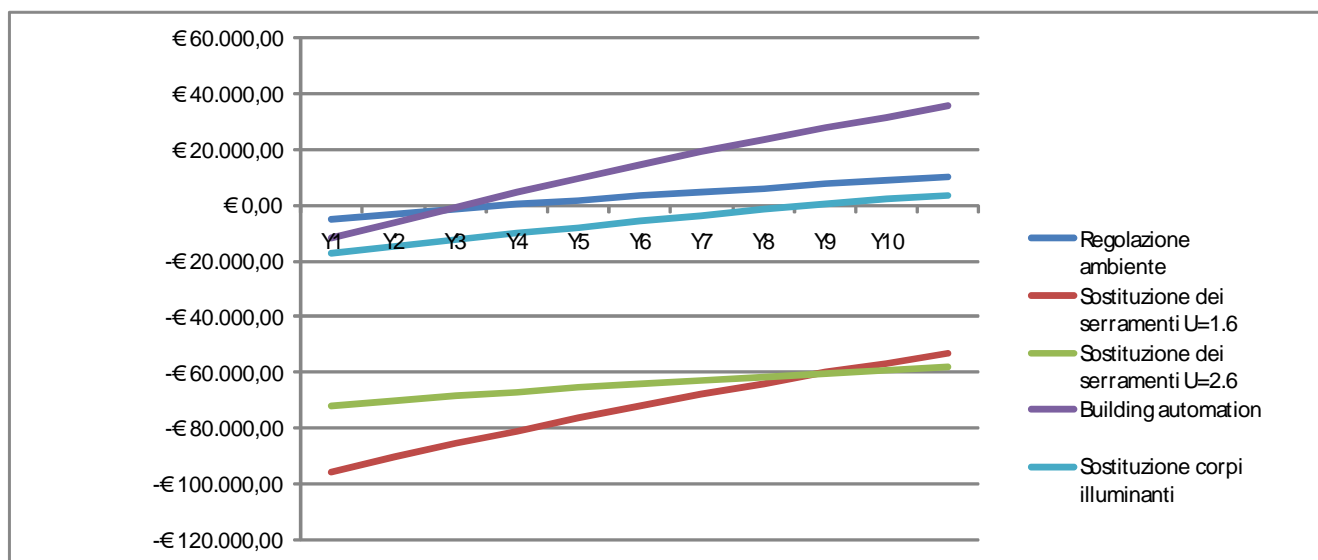


Tabella 18 - Diagramma flusso di cassa interventi attualizzato

Dal grafico si evince che gli interventi proposti si dividono in cinque classi:

**Classe A:**

- ☐ Building automation

L'investimento iniziale dell'intervento è ridotto, inferiore ai 20.000€ e nell'arco di 3 anni si viene ripagati dell'investimento e si ha un risparmio che cresce negli anni in maniera decisamente maggiore rispetto agli altri interventi.

#### **Classe B:**

- ☐ Regolazione ambiente

L'investimento iniziale di questi interventi è modesto e nell'arco di dei primi tre anni si rientra dell'investimento, anche se i guadagni rimangono limitati anche con il passare degli anni.

#### **Classe C:**

- ☐ Sostituzione corpi illuminanti

L'investimento iniziale risulta maggiore rispetto ai precedenti e maggiore è il tempo di rientro dell'investimento che si ripaga solamente in 8 anni, lasso di tempo troppo lungo per giustificare un investimento iniziale.

#### **Classe E:**

- ☐ Sostituzione serramenti

Entrambi gli interventi di sostituzione dei serramenti sono economicamente importanti e non riescono ad essere recuperati in tempi brevi; notando però le due curve si nota come quella dei serramenti abbia una tangente con un angolo molto maggiore e quindi sia più conveniente dell'altro intervento.

Tralasciando comunque tutte le problematiche legate al pregio dell'edificio, si può dedurre che anche dal punto di vista economico non è motivato un intervento di sostituzione dei serramenti.